

ОДРЖЛИВО УПРАВУВАЊЕ СО МАТЕРИЈАЛИ- ЕКОНОМСКА ОПРАВДАНОСТ ВО ПОСТАПУВАЊЕ СО ОТПАДОТ



2 меѓународна конференција
28-30 Септември 2011-Скопје

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ



ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ
КОМУНАЛНА ХИГИЕНА
С К О П Ј Е

ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ
ДЕПОНИЈА ДРИСЛА - СКОПЈЕ



ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Втора Меѓународна конференција
28-30 Септември, 2011
Скопје, Македонија

ОДРЖЛИВО УПРАВУВАЊЕ СО МАТЕРИЈАЛИ ЕКОНОМСКА ОПРАВДАНОСТ ВО ПОСТАПУВАЊЕ СО ОТПАДОТ

ПОКРОВИТЕЛ

Град Скопје – Градоначалник Г-дин Коце Трајановски

ОРГАНИЗАТОРИ

АДКОМ

ЈП „КОМУНАЛНА ХИГИЕНА“ - СКОПЈЕ

ЈАВНО ПРЕТПРИЈАТИЕ ДЕПОНИЈА ДРИСЛА - СКОПЈЕ

Дизајн и подготовка за печат:
Бригада дизајн

ОДРЕДУВАЊЕ НА ОПТИМАЛНИ РУТИ ПРИ СОБИРАЊЕ И ТРАНСПОРТ НА КОМУНАЛЕН ОТПАД ВО ГРАДОТ ШТИП

З.Десподов, Д.Мираковски, С.Мијалковски, Б.Ангеловски
Факултет за природни и технички науки, Универзитет “Гоце Делчев” - Штип

Апстракт

Во трудот е презентирана примена на теоријата на транспортни мрежи за одредување на оптимални рути при собирање и транспорт на комунален отпад во градот Штип. Како модел за решавање на проблемот на рутирање е користен модифицираниот Clarke-Wright-ов алгоритам на заштеди, со хетероген возен парк. Со овој модел се одредени оптимални рути за транспорт на комуналниот отпад од градското подрачје до градската депонија “Трештена скала”, кој го извршува ЈП “Исар” од Штип.

Клучни зборови: транспортни мрежи, заштеди, комунален отпад, транспортни трошоци.

1. ВОВЕД

Својствено за комуналниот отпад е дека се создава при секојдневните активности на човекот. Постојаното зголемување на вкупните количества на отпадни материи кои ги произведуваат индустријата и населението бараат суштински промени во традиционалниот модел на управување со отпадот. Управувањето со отпадот опфаќа мерки и посебни прописи кои се регулирани со меѓународни стандарди и важечката законска регулатива во нашата држава. Овие правила и прописи се применуваат од постанокот на отпадот, неговото собирање, транспортирање, па се до неговото одлагање (дислоцирање или рециклирање). Во новиот, интегриран индустриски екосистем, потрошувачката на енергија и сировини мора да биде

оптимизирана, а настанувањето на отпадот минимизирано. Тоа зборува дека идните активности треба да се насочуваат кон рециклирање и повторна употреба на отпадниот материјал со што би се постигнале значајни економски и еколошки ефекти.

Во градот Штип на годишно ниво се генерираат околу 13 000 t отпад или 288kg/жител. При управувањето со комуналниот отпад секако дека значајно место зазема собирањето, транспортот и депонирањето на истиот на градската депонија “Трештена скала”. Собирањето на комуналниот цврст и индустриски отпад се врши во специјални садови, и тоа:

- 70 контејнери, со зафатнина од 1,1 m³, распоредени во централното градско подрачје,
- 205 контејнери, со зафатнина од 5 m³, распоредени на територијата на град Штип и во индустриската зона и
- канти за отпад од 80 l, распоредени на физичките лица.

Карактеристично за транспортот на комуналниот отпад во градот Штип, кој го обавува ЈП “Исар”, е дека сеуште голем процент во вкупниот транспорт на отпадот му припаѓа на транспортот со автоподигнувачи каде што се транспортираат поединечни контејнери со зафатнина од 5 m³, и при кој постои празен од, а тоа е случај и со многу градови во нашата држава.

Примената на специјални возила за транспорт на комунален отпад би донела заштеда во транспортниот процес од 20 до 40%, кои особено би се однесувале на трошоците на енергенти и искористување на проектираното времетраење на транспортниот циклус. Со оптимизирање на рутите и примена на логистички методи при транспортните системи трошоците за енергенти на транспортната механизација можат да се намалат за 15 до 35%, што во номинална вредност би изнесувало и до 70.000 евра на годишно ниво.

2. ОПТИМИЗАЦИЈА НА ТРАНСПОРТНИОТ ПРОЦЕС

Оптимизацијата на транспортниот процес во индустријата и сервисот првенствено се остварува со оптимизирање на транспортните текови на стоката и користењето на транспортните средства. Кога е во прашање употребата на транспортните средства, процесот на оптимизација се сведува на решавање на проблеми кои се базирани на основните карактеристики на рутинг-проблемот, т.е. проблемот на одредување на оптимална рута (патека на движење) на транспортните средства кои вршат услуга на транспортната мрежа, во смисла на минимизирање на поминатиот пат, времето на патување или трошоците на услугата (транспортот).

Во теоријата и праксата е присутен голем број на модели за решавање на проблеми од таков карактер. Меѓутоа, препознатливи се два основни пристапи на рутирање на транспортните средства: “рутинг-зонирање” и “зонирање – рутинг” [1].

Пристапот “рутинг-зонирање” подразбира формирање на единствена рута за целокупната мрежа и нејзина дополнителна поделба на зони, додека пак при пристапот “зонирање – рутинг” најпрвин транспортната мрежа се поделува на зони, па потоа во секоја зона посебно се проектираат рутите на транспортните средства.

Рутите, во склад со расположливото време, се проектираат со употреба на хеуристички или егзактни алгоритми (модели). Со хеуристичките алгоритми, релативно брзо се доаѓа до прифатливи решенија, додека пак егзактните модели даваат оптимално решение, но бараат и поголеми временски ресурси. Тоа особено е карактеристично за транспортни мрежи со голем број на јазли (локации во кои се јавува побарувачка за услуга).

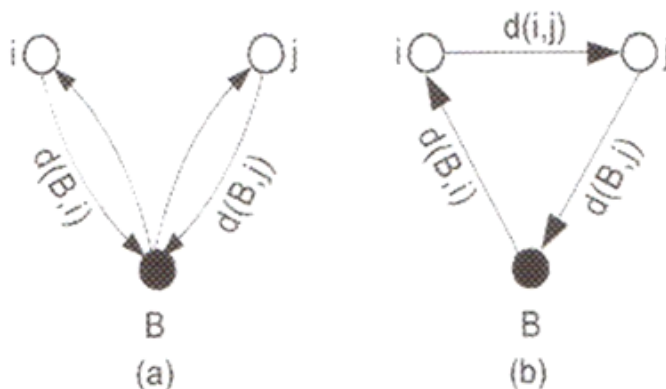
3. CLARKE-WRIGHTOV АЛГОРИТАМ НА ЗАШТЕДИ

Од многубројните модели со кои се решаваат рутинг-проблемите посебно е интересен т.н. Clarke-Wrightov алгоритам на “заштеди”. Основната идеја на Clarke-Wrightov алгоритам е базирана на заштедите во поминатиот пат, времето на патување, потрошувачката на гориво, вкупните транспортни трошоци, кои се реализираат при опслужување на јазлите од транспортната мрежа по различни патеки на транспортните средства. Ако е B (базата, во нашиов случај санитарната депонија на отпад), т.е. јазолот од кој транспортното средство тргнува, и во кој се враќа на крајот на опслужувањето, тогаш било кој пар јазли (i,j) транспортното средство може да опслужи на два начина:

Да тргне од базата, го опслужи јазолот i , потоа да се врати во базата, понатаму да го опслужи јазолот j и повторно да се врати во базата (сл.1a), или

Да тргне од базата, потоа ги опслужи јазолот i , јазолот j и се врати во базата (сл.1b).

Големината $d(i,j)$ представува најкраткиот пат помеѓу јазлите i и j или најмалото време на транспорт од јазолот i до јазолот j или пак најмалото количество на гориво потрошено на патот од јазолот i до јазолот j . Во општ случај $d(i,j) \neq d(j,i)$, така да потрошувачката на гориво на патот од јазолот i до јазолот j , кога е во прашање успон, не е иста со потрошувачката на гориво при враќање во спротивна насока односно по наклон.



Сл.1 – Шеми за пресметување на “заштедите”

Ако големината $d(i,j)$ се разгледува како вкупен трошок од јазолот i до јазолот j , тогаш за случајот на слика 1a, вкупните транспортни трошоци изнесуваат:

$$T(i,j) = d(B,i) + d(i,B) + d(B,j) + d(j,B) \quad (1)$$

а за случајот на слика 1b:

$$T(i,j) = d(B,i) + d(i,j) + d(j,B) \quad (2)$$

Ако ги одземеме овие две равенки ќе видиме дека вкупните транспортни трошоци во вториот случај се помали за следнава големина:

$$T'(i,j) = d(i,B) + d(B,j) - d(i,j) \quad (3)$$

Може да се заклучи дека доколку заштедата $T'(i,j)$ е поголема, дотолку поекономично е јазлите i и j да се спојат во една рута. Притоа ограничувачки фактор е капацитетот на транспортното средство. Всушност, да би се споиле јазлите i и j во една рута, капацитетот на транспортното средство мора да биде поголем од вкупните барања за опслужување, кои се јавуваат во овие два јазла.

Скојје, Македонија

Clarke-Wrightoviot алгоритам на “заштеди” за проектирање на рути на транспортните средствa вaсесостои од следните алгоритамски чекори:

Чекор 1: Да се пресметаат заштедите $T'(i,j) = d(i,B) + d(B,j) - d(i,j)$, за секој пар на јазли (i,j) кои треба да се опслужат.

Чекор 2: Да се изврши рангирање на сите заштеди и истите да се споредат по големина. Да се состави листа на заштеди која започнува со најголемата заштеда.

Чекор 3: При разгледување на заштедите $T'(i,j)$ соодветна гранка (i,j) да се вклучи во парцијалната рута ако притоа не се прекршуваат оперативните ограничувања, и:

- а) во колку ниту јазолот i , ниту јазолот j не биле вклучени ниту во една парцијална рута;
- б) во колку еден од јазлите i или j веќе е вклучен во некоја постојечка парцијална рута, и ако тој јазол не е внатрешен јазол во рутата.
- в) во колку обата јазла i или j се вклучени во две различни парцијални рути и никој од тие јазли не е внатрешен во тие рути, па тогаш е можно парцијалните рути да се спојат во една.

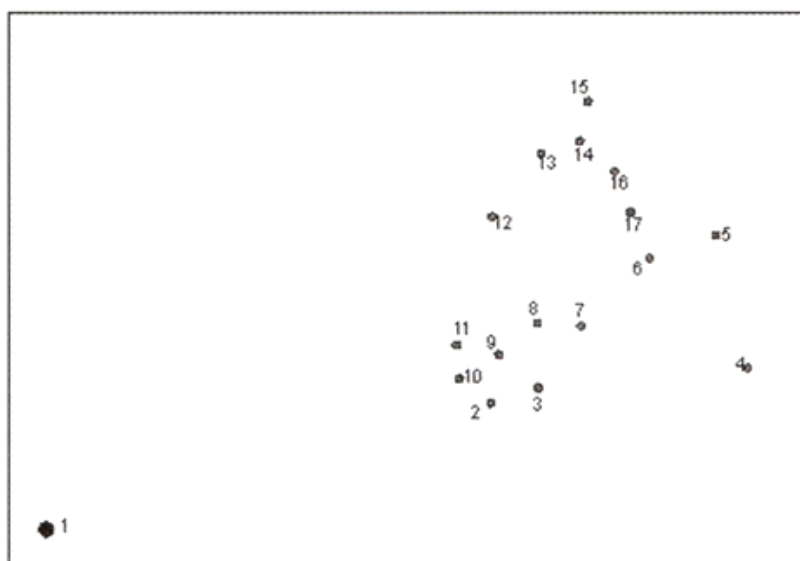
Чекор 4: Кога листата на заштеди е потрошена до крајот, треба да се заврши со алгоритмот.

Претходно појаснетиот Clarke-Wrightoviot алгоритам на “заштеди” се однесува на проектирање на рути на транспортни средства со хомоген возен парк. Имајќи во предвид дека со овој алгоритам рутите на транспортните средства се прошируваат се додека тоа го дозволува капацитетот на транспортното средство, па затоа во случај на примена на хетероген возен парк, најчесто во употреба се наоѓа транспортното средство со најголем капацитет. Меѓутоа, на овој начин не се разгледуваат фиксните трошоци на транспортните средства. Бидејќи возниот парк на комуналните претпријатија е специфичен, како и транспортните задачи кои тие ги реализираат, за управување со претпријатијата кои транспортираат комунален отпад потребно е да се разгледаат и фиксните трошоци. Во врска со претходното, поадекватна е примената на модифицираниот алгоритам на заштеди, со кој се одредуваат оптималните рути во случај на различни типови на транспортни средства во возниот парк.

Во наредниот текст ќе биде разработена примената на модифицираниот алгоритам на заштеди за одредување на оптималните рути при транспортот на комуналниот отпад во градот Штип.

4. ПРИМЕНА НА МОДИФИЦИРАНИОТ АЛГОРИТАМ НА ЗАШТЕДИ ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА ОПТИМАЛНИ РУТИ ПРИ ТРАНСПОРТ НА КОМУНАЛЕН ОТПАД

Со цел за поедноставување на проблемот при неговото решавање во случајот за одредување на оптимални рути за транспорт на комунален отпад во градот Штип, разгледувани се само јазлите кои се состојат од група на побарувачи за услуга односно група на контејнери со зафатнина од $1,1\text{m}^3$, кои просторно се лоцирани во радиус од 100m , од местото на застанување на возилото. Јазлите односно контејнерите со зафатнина од 5m^3 не се опфатени со оваа анализа. Додека пак поединечните јазли (кои содржат само еден контејнер, со зафатнина од $1,1\text{m}^3$) ќе бидат посебно опслужувани со возило со поголема зафатнина односно носивост. Јазлите кои треба да бидат опслужени се прикажани на сл.2., каде јазолот 1 представува градската депонија “Трештена скала” на која се врши одлагање на комуналниот отпад.



Сл.2 – Јазли кои треба да бидат опслужени

Трошоците на транспортот помеѓу сите парови на јазли во дадената транспортна мрежа, изразени во парични единици се прикажани во табела 1.

Табела 1. Трошоци за транспорт меѓу паровите јазли

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1		4000	4275	5150	6000	6200	4513	4601	5039	5314	4475	5600	5875	6313	6501	6463	6601
2	4000		275	1150	2010	2210	513	601	1039	1314	1039	1600	1875	2313	2501	2443	2581
3	4275	275		875	1725	1925	238	326	764	1039	764	1664	1939	2377	2565	2527	2665
4	5150	1150	875		850	713	788	876	1314	1589	1314	1114	1389	1525	1713	1863	2001
5	6000	2010	1725	850		200	725	813	1251	1526	1251	1250	1163	675	863	825	963
6	6200	2210	1925	713	200		525	613	1051	1326	1051	1350	1188	700	888	850	988
7	4513	513	238	788	725	525		88	526	801	526	876	879	1317	1505	1467	1605
8	4601	601	326	876	813	613	88		438	713	438	788	791	1229	1417	1377	1517
9	5039	1039	764	1314	1251	1051	526	438		438	713	1275	1550	1988	1950	2138	2276
10	5314	1314	1039	1589	1526	1326	801	713	438		438	1000	1275	1713	1675	1825	1963
11	4475	1039	764	1314	1251	1051	526	438	713	438		638	913	1351	1313	1501	1639
12	5600	1600	1664	1114	1250	1350	876	788	1275	1000	638		275	713	675	863	1001
13	5875	1875	1939	1389	1163	1188	879	791	1550	1275	913	275		438	400	588	726
14	6313	2313	2377	1525	675	700	1317	1229	1988	1713	1351	713	438		188	150	288
15	6501	2501	2565	1713	863	888	1505	1417	1950	1675	1313	675	400	188		550	688
16	6463	2443	2527	1863	825	850	1467	1377	2138	1825	1501	863	588	150	550		138
17	6601	2581	2665	2001	963	988	1605	1517	2276	1963	1639	1001	726	288	688	138	

Потребите за опслужување, кои се јавуваат во јазлите, се прикажани во табела 2, а типовите на возила во табела 3.

Табела 2. Потреби за опслужување по јазли

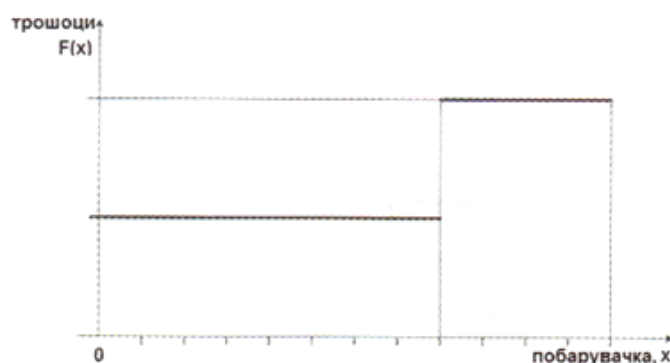
Јазол, i	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Побарувачка во јазлите, m ³	1,1	1,1	7,7	7,7	1,1	3,3	3,3	4,4	1,1	3,3	5,5	2,2	3,3	2,2	1,1	1,1

Табела 3. Типови возила на ЈП “Исар” според нивната носивост

Тип на возило	1	2	3
Зафатнина (носивост), m ³	8	12	18

За да би можел модифицираниот алгоритам на заштеди да се примени на транспортната мрежа од сл.2, потребно е покрај веќе наведените предпоставки, да се дополнат уште две:

транспортот да врши со два типа на возила, со капацитети $V_1 = 8\text{m}^3$ и $V_2 = 18\text{m}^3$, функцијата $F(x)$, која ги представува фиксните трошоци (набавка или изнајмување) по капацитетот на најмалото транспортно средство кое е во состојба да ја опслужи побарувачката x , има облик кој е прикажан на сл.3.

сл.3 – Облик на функцијата $F(x)$ која ги представува фиксните трошоци

Ако се земат во предвид фиксните трошоци на транспортот тогаш големината на заштедите добиени со примена на Clarke-Wrightoviot алгоритам нема да има иста вредност, туку во општ случај ќе биде [1]:

$$\bar{T}(i, j) = T(i, j) + F(V_i) + F(V_j) - F(V_i + V_j) \quad \bar{T}(i, j) = T(i, j) + F(V_i) + F(V_j) - F(V_i + V_j) \quad (4)$$

Така на пример, за гранката (14,15) вредноста на “модифицираните” заштеди ќе изнесува:

$$\bar{T}(14,15) = T(14,15) + F(V_{14}) + F(V_{15}) - F(V_{14} + V_{15}) = T(14,15) + F(3,3) + F(2,2) - F(3,3 + 2,2) = 12626 + 20 + 30 - 20 = 1$$

Опслужувањето на таа гранка, со обзир на барањата во неа ($V_{14} + V_{15} = 5,5\text{ m}^3$), ќе го врши транспортното средство тип 1 ($V_1 = 8\text{m}^3$), бидејќи тоа според капацитетот задоволува, истотака иама и пониски фиксни трошоци од транспортното средство тип 3. Аналогно на претходното, пресметани се сите “модифицирани” заштеди $\bar{T}(i, j)$, за сите јазли (i, j) , кои треба да се

опслужат, и на секоја гранка привремено и е доделено транспортно средство од соодветен тип. Овие заштеди, кои се рангирани по големина, како и типот на транспортното средство, привремено доделено на соодветна гранка, се прикажани во табела 4.

Табела 4. Заштеди и типови на транспортни средства по гранки

Гранка (i,j)	Заштеда	Тип на трансп. средство привремено доделено на гранката	Гранка (i,j)	Заштеда	Тип на трансп. средство привремено доделено на гранката
(14,15)	12646	1	(4,15)	9948	3
(13,15)	11996	1	(4,9)	9885	3
(13,14)	11770	1	(5,7)	9798	3
(5,14)	11648	3	(5,8)	9798	3
(5,15)	11648	3	(5,9)	9798	3
(5,13)	10722	3	(8,13)	9705	1
(5,12)	10360	3	(8,14)	9705	1
(12,15)	10321	1	(8,15)	9705	1
(4,5)	10310	3	(11,15)	9683	1
(12,13)	10095	1	(4,12)	9646	3
(12,14)	10085	3	(4,13)	9646	3
(4,14)	9948	3	(9,15)	9610	1
(7,13)	9529	1	(7,12)	9247	3
(7,14)	9529	1	(5,11)	9234	3
(7,15)	9529	1	(8,9)	9222	1
(11,12)	9447	3	(7,8)	9046	1
(11,13)	9457	1	(7,9)	9046	1
(11,14)	9457	1	(4,7)	8885	3
(8,12)	9423	3	(4,8)	8885	3
(9,14)	9384	1	(9,11)	8821	1
(9,13)	9384	1	(8,11)	8658	1
(9,12)	9374	3	(7,11)	8482	1

Од табела 4 може да се забележи дека се изоставени јазлите: **2;3;6;10;16 и 17**, во кои се наоѓаат поединечни контејнери со волумен од 1,1м³, бидејќи тие ќе бидат опслужувани со возило тип 2 (V₂ = 12м³) и нивното поврзување ќе представува посебна рута.

Бидејќи најголемата заштеда е во гранката (14,15), првата парцијална рута ќе гласи:

1-14-15-1. Оваа рута може да се прошири со некој од следните јазли (4;5;7;8;9;11;12 или 13). Ако е во прашање проширување на рутата со јазолот 4, преку јазолот 14, тогаш вредноста на новата заштеда ќе биде:

$$\bar{T}(4,14) = T(4,14) + F(V_4) + F(V_{14} + V_{15}) - F(V_4 + V_{14} + V_{15}) = 9948 + F(7,7) + F(3,3 + 2,2) - F(7,7 + 3,3 + 2,2) = 9948 + 20 + 20 - 30 = 9958$$

На ваквата проширена рута, со обзир на барањата за транспорт кои се јавуваат во неа ќе се додели транспортното средство тип 3. Кога на идентичен начин ќе се пресметаат заштедите и за останатите можности за проширување на оваа рута, преку јазолот 14 и јазолот 15, како најекономично ќе се покаже проширувањето на рутата со вклучување на јазолот 13 преку јазолот 15 (оваа варијанта на проширување има најголема вредност на заштеди, а и вкупните барања за

транспорт на таквата рута не ги надминуваат капацитетите на расположливите транспортни средства). Преглед на новонастанатите заштеди за сите можности на проширување на рутата и типовите на возила кои би биле доделени на “проширените” рути е прикажан во табела 5.

Табела 5. Заштеди и типови на транспортни средства по рути

Парцијална рута		Тип на трансп. средство привремено доделено на рутата
(1,4,14,15,1)	$\bar{T}(4,14) + 0 = 9958$	3
(1,5,14,15,1)	$\bar{T}(5,14) + 0 = 11658$	3
(1,7,14,15,1)	$\bar{T}(7,14) + 0 = 9539$	3
(1,8,14,15,1)	$\bar{T}(8,14) + 0 = 9715$	3
(1,9,14,15,1)	$\bar{T}(9,14) + 0 = 9394$	3
(1,11,14,15,1)	$\bar{T}(11,14) + 0 = 9467$	3
(1,12,14,15,1)	$\bar{T}(12,14) + 0 = 10095$	3
(1,13,14,15,1)	$T(13,14) + 20 = 11810$	1
(1,14,15,4,1)	$\bar{T}(15,4) + 0 = 9958$	3
(1,14,15,5,1)	$\bar{T}(15,5) + 0 = 11658$	3
(1,14,15,7,1)	$\bar{T}(15,7) + 0 = 9539$	3
(1,14,15,8,1)	$\bar{T}(15,8) + 0 = 9715$	3
(1,14,15,9,1)	$\bar{T}(15,9) + 0 = 9620$	3
(1,14,15,11,1)	$\bar{T}(15,11) + 0 = 9693$	3
(1,14,15,12,1)	$\bar{T}(15,12) + 0 = 10331$	3
(1,14,15,13,1)	$T(15,13) + 20 = 12036$	1

По проширувањето на првата парцијална рута 1-14-15-1 во рутата 1-14-15-13-1, потребно е да се разгледа можноста за понатамошно проширување, на ист начин. Притоа проширувањето нема да биде возможно доколку вкупните барања за транспорт не бидат во границите на капацитетите на расположливите типови возила.

Табела 6. Заштеди и типови на транспортни средства по рути

Парцијална рута		Тип на трансп. средство привремено доделено на рутата
(1,4,14,15,13,1)	$\bar{T}(4,14) + 0 = 9958$	3
(1,5,14,15,13,1)	$\bar{T}(5,14) + 0 = 11658$	3
(1,7,14,15,13,1)	$\bar{T}(7,14) + 0 = 9539$	3
(1,8,14,15,13,1)	$\bar{T}(8,14) + 0 = 9715$	3
(1,9,14,15,13,1)	$\bar{T}(9,14) + 0 = 9394$	3
(1,11,14,15,13,1)	$\bar{T}(11,14) + 0 = 9467$	3
(1,12,14,15,13,1)	$\bar{T}(12,14) + 0 = 10095$	3
(1,14,15,13,4,1)	$\bar{T}(13,4) + 0 = 9656$	3
(1,14,15,13,5,1)	$\bar{T}(13,5) + 0 = 10732$	3
(1,14,15,13,7,1)	$\bar{T}(13,7) + 0 = 9539$	3
(1,14,15,13,8,1)	$\bar{T}(13,8) + 0 = 9715$	3
(1,14,15,13,9,1)	$\bar{T}(13,9) + 0 = 9394$	3
(1,14,15,13,11,1)	$\bar{T}(13,11) + 0 = 9467$	3
(1,14,15,13,12,1)	$\bar{T}(13,12) + 0 = 10105$	3

Најголема заштеда, според табела 6 има варијантата со вклучување на јазолот 5 во рутата, преку јазолот 14. Бидејќи вредноста на вкупните барања од транспортот на таквата рута е во границите на капацитетот на возилото тип 3, новопроектираната рута гласи: 1-5-14-15-13-1. Понатамошни проширувања на оваа рута не се можни, бидејќи доделеното транспортно средство повеќе нема резерви во капацитет. Јазлите кои припаѓаат на проектираната рута се исклучуваат од понатамошно разгледување, а од останатите се формира нова рута, аналогно на претходно изложената постапка за проектирање на првата рута. Прочистената табела 3 (без гранките кои ги содржат јазлите 5; 13; 14 и 15) добива изглед кој е прикажан во табела 7.

Скопје, Македонија

Табела 7. Заштеди и типови на возила по гранки после формирањето на првата рута

Гранка (i,j)	Заштеда	Тип на трансп. средство привремено доделено на гранката
(4,9)	9885	3
(4,12)	9646	3
(11,12)	9447	3
(8,12)	9423	3
(9,12)	9374	3
(7,12)	9247	3
(8,9)	9222	1
(7,8)	9046	1
(7,9)	9046	1
(4,7)	8885	3
(4,8)	8885	3
(9,11)	8821	1
(8,11)	8658	1
(7,11)	8482	1
(4,11)	8311	3

Бидејќи гранката (4,9) има најголема вредност на заштеди $\bar{T}(4,9)\bar{T}(4,9)$, втората парцијална рута гласи 1-4-9-1. Можните проширувања на оваа рута, соодветните заштеди и типот на транспортното средство, привремено доделено на рутата, се прикажани во таб. 8.

Табела 8. Заштеди и типови на транспортни средства

Парцијална рута	Заштеда	Тип на трансп. средство привремено доделено на рутата
(1,7,4,9,1)	$\bar{T}(7,4) + 0 = 8905$	3
(1,8,4,9,1)	$\bar{T}(8,4) + 0 = 8905$	3
(1,11,4,9,1)	$\bar{T}(11,4) + 0 = 8331$	3
(1,12,4,9,1)	$\bar{T}(12,4) + 0 = 9715$	3
(1,4,9,7,1)	$\bar{T}(9,7) + 0 = 9066$	3
(1,4,9,8,1)	$\bar{T}(9,8) + 0 = 9242$	3
(1,4,9,11,1)	$\bar{T}(9,11) + 0 = 8841$	3
(1,4,9,12,1)	$\bar{T}(9,12) + 0 = 9394$	3

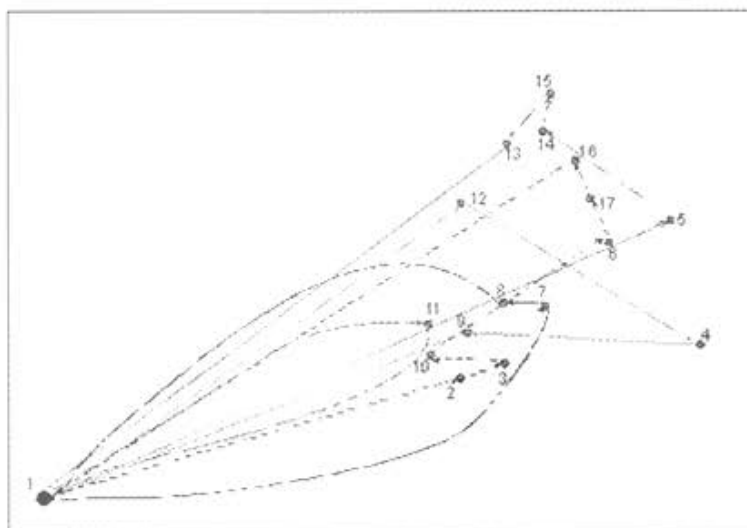
Од претходната табела 8 се гледа дека најголеми заштеди има рутата 1-12-4-9-1 со вклучување на јазолот 12 преку јазолот 4. Понатамошно проширување на оваа рута не е можно бидејќи се истрошени резервите во капацитетот на возилото тип 3 ($V_3 = 18m^3$), па оваа рута постанува втора главна рута за транспорт на комуналниот отпад.

Понатаму јазлите кои припаѓаат на оваа рута се исклучуваат од разгледување, па прочистената табела 7, сега ќе добие изглед кој е прикажан во табела 9.

Табела 9.

Гранка (i,j)	Заштеда	Тип на трансп.средство привремено доделено на гранката
(7,8)	9046	1
(8,11)	8658	1
(7,11)	8482	1

Проширување на овие гранки не е можно бидејќи се надминува капацитетот на возилото тип 1 ($V_1 = 8m^3$). Така двете главни рути кои ќе ги опслужуваат возилот тип 1 ќе бидат: 1-7-8-1 и 1-11-1. Јазолот 11 може да биде опслужен и со транспортното средство тип 3, но фиксните трошоци на употреба на транспортното средство тип 1 се помали.



Сл.3. Оптимални рути за транспорт на комунален отпад во градот Штип со различни типови на транспортни средства

ЗАКЛУЧОК

Со примена на научните методи од областа на теоријата на мрежи се постигнува намалување на: бројот на рути, бројот на ангажираните средства, должината на рутите, коефициентот на нулти возења, потрошувачката на гориво, зголемува коефициентот на искористување на патот, коефициентот на искористување на трудот и др. Економичноста во управувањето со транспортот на комуналниот отпад неоправдано е запоставувана. Со примена на модифицираниот модел на заштеди се отвораат можности за земање во предвид на фиксните трошоци при процесот на оптимизирање на рутите. Меѓутоа, со него не се опфатени сите фактори кои влијаат на економичноста на функционирањето на транспортот на комуналниот отпад во урбаните средини. Тоа се однесува пред сè на факторите кои имаат стохастичка

природа и кои неизбежно се јавуваат во процесот на транспортот. Така на пр., времето на патување помеѓу два јазли во мрежата е случајна величина која е зависна од условите под кои се одвива транспортот, начинот на возење, метеоролошките услови, изборот на поединечни патишта (улицы) и т.н. Моделите кои служат за проектирање на рутите на транспортните средства во кои се вградени и неизвесности во поглед на транспортните трошоци, времето на извршување на транспортот, и воопшто одвивањето на транспортот во главно се базирани на употреба на законитостите на fuzzy аритметиката, а поново време се поголема употреба на оѓа и компјутерското симулационо моделирање.

ЛИТЕРАТУРА

1. Todorovic, D.: Transportnemreže, algoritamskipristup, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 1996(str.169-175).
2. Đorđević, B.: Optimizacija realizacije transportnih problema rutin-modelom, VTA, Beograd, 2005 (str.76-85).